

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-163874

(43)公開日 平成6年(1994)6月10日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 27/15

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

8934-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5(全 6 頁)

(21)出願番号

特願平4-313167

(22)出願日

平成4年(1992)11月24日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 曲 克明

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 笠谷 和生

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 湯田 正宏

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 (外1名)

最終頁に続く

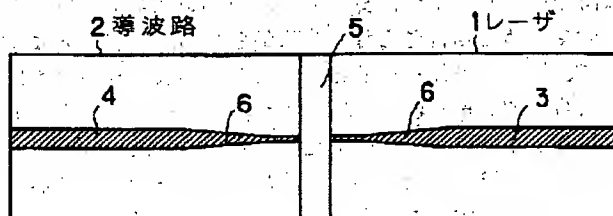
(54)【発明の名称】 光デバイス

(57)【要約】

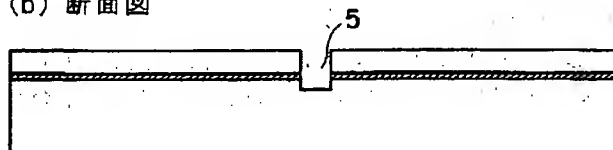
【目的】 半導体基板上に集積化した半導体レーザと導波路とを高結合効率にて形成したものである。

【構成】 半導体レーザ1と導波路2とのそれぞれのコア3、4をその端面側にてテーパ状に形成して、モードフィールド径を拡大するようにしたものである。

(a) 平面図



(b) 断面図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に共振器端面の一端を構成する溝を有する半導体レーザと、前記の溝を介して前記半導体レーザと結合された導波路とを有する光デバイスにおいて、前記半導体レーザと導波路とのそれぞれのコア幅が前記溝近傍においてテーパ状に縮小した構造を有することを特徴とする光デバイス。

【請求項2】 半導体基板上に共振器端面の一端を構成する溝を有する半導体レーザと、前記の溝を介して前記半導体レーザと結合された導波路とを有する光デバイスにおいて、前記半導体レーザおよび導波路とのそれぞれのコアが第一の内部のコアとこの内部のコアを囲む第二の外部のコアからなる二重コア構造を有し、該第一のコア幅が溝近傍でテーパ状に縮小していることを特徴とする光デバイス。

【請求項3】 半導体基板上に共振器端面の一端を構成する溝を有する半導体レーザと、前記の溝を介して前記半導体レーザと結合された導波路とを有する光デバイスにおいて、前記半導体レーザおよび導波路の各コア幅が前記溝近傍でテーパ状に縮小するとともに、該溝の半導体レーザ側端面が光軸に対して垂直をなし、かつ該溝の導波路側端面が光軸に対して傾斜させた構造を有することを特徴とする光デバイス。

【請求項4】 半導体基板上に半導体レーザと、前記半導体レーザと結合された導波路からなる光デバイスにおいて、前記半導体レーザと導波路とのそれぞれのコア幅が結合部でテーパ状に縮小しつつ接続され、該結合部において該半導体レーザ側で光軸に対して垂直な端面をなし、かつ該導波路側で該結合部に近づくに従いテーパ状のコアに近接するような溝を有することを特徴とする光デバイス。

【請求項5】 半導体基板上に半導体レーザと、前記半導体レーザと結合された導波路からなる光デバイスにおいて、前記半導体レーザと導波路とのそれぞれのコア幅が結合部でテーパ状に縮小しつつ接続され、該結合部において該半導体レーザ側で光軸に対して垂直な端面をなし、かつ該導波路側で半導体基板の厚さ方向にV字形状となる溝を有することを特徴とする光デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信または光計測・光交換等に用いられる半導体集積化光源に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信、光計測分野の光源としては半導体レーザが利用されているが、機能の向上をはかるためには光源、導波路、受光器の集積化が要求される。従来の集積化モジュールとしては、例えば、石英系導波路で構成されたPLC回路と半導体発光素子と半導体受光素子をハイブリッドに集積し、光ファイバを結合したピッ

グテール型部品がある。しかしながら、この半導体発光素子と受光素子のモジュール化技術は、ミクロンオーダーの位置合わせが必要なので高価となる。このため、半導体受光素子、発光素子、導波路素子を一元的に半導体基板上に集積化することが望まれるが、そのためには簡易な半導体機能素子の作製プロセスの確立とともに、半導体光機能素子相互の結合効率を高める必要がある。

【0003】 さて、半導体基板上に半導体レーザを集積化した場合、半導体レーザを発振させるには共振器を構成する必要がある関係上、反射鏡であるへき開面または回折格子の導入が不可欠である。この場合、回折格子の導入は作製工程が複雑となるため、結晶端面を用いたフエブリ・ペローレーザが作製プロセスおよび価格の観点から有利である。しかし、光機能素子の集積回路の作製において結晶端面を有する半導体レーザを形成することは、端面形成用の溝が生じることになり、半導体レーザと光導波路や受光素子との間を直接結合することができず、結合部で光強度の大きな損失を生じることになる。

【0004】 図6は、従来の構成よりなる半導体レーザ1と光導波路2との集積構造で、溝5を介しての結合を模式的に表した平面図(a)および断面図(b)である。ここでは、半導体レーザ1の片側に光導波路2を示してあるが、両側に光導波路部を形成する場合や、他方に導波路型受光素子部を形成する場合もあるが、ここでは半導体レーザ1とその片側の光導波路2との例を示す。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このような半導体レーザ1と光導波路2との結合においては、それぞれのコア3、4を構成する半導体材料の屈折率が3.0以上と空気のそれと比べて大きいため、半導体材料を伝搬するビーム径が小さいほど、反射端面形成用の溝から空気中に出射した光波は大きな回折効果をうけ、放射状に広がることになる。このため、端面形成用の溝部5では散乱光が増大し、半導体レーザ1から導波路2への結合効率は低下してしまう。具体的には、半導体材料としてInP系の発光波長1.5 $\mu$ mの半導体レーザの場合には、溝の間隔を5 $\mu$ mにすると、結合効率は10%以下になってしまう。

【0006】 本発明は、半導体基板上に光機能素子を集積化する場合において、端面形成用溝を有する半導体レーザと光導波路との結合効率を高めることを目的とするものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、半導体基板上に共振器端面の一端を構成する溝を有する半導体レーザと、前記の溝を介して前記半導体レーザと結合された光導波路とを有する光デバイスにおいて、請求項1記載の発明は、前記半導体レーザと光導波路のコア幅を前記溝近傍においてテーパ状に縮小した構

造を有するものであり、請求項2記載の発明は、前記半導体レーザおよび光導波路のコアが第一の内部のコアと第二の外部のコアからなる二重コア構造を有し、該第一のコア幅が溝近傍でテーパ状に縮小しているものであり、請求項3記載の発明は、前記半導体レーザおよび光導波路のコア幅が前記溝近傍でテーパ状に縮小するとともに、該溝の半導体レーザ側端面が光軸に対して垂直をなし、かつ該溝の導波路側端面が光軸に対して傾斜させた構造を有するものであり、さらに、半導体基板上に半導体レーザと、前記半導体レーザと結合された光導波路からなる光デバイスにおいて、請求項4記載の発明は、前記半導体レーザと光導波路のコア幅が結合部でテーパ状に縮小しつつ接続され、該結合部において該半導体レーザ側で光軸に対して垂直な端面をなし、かつ該光導波路側で該結合部に近づくに従いテーパ状コアに近接するような溝を有するものであり、請求項5記載の発明は、前記半導体レーザと光導波路のコア幅が結合部でテーパ状に縮小しつつ接続され、該結合部において該半導体レーザ側で光軸に対して垂直な端面をなし、かつ該導波路側で半導体基板の厚さ方向にV字形状となる溝を有するものをそれぞれ特徴とする。

#### 【0008】

【作用】上記の構成をとることにより、端面形成用の溝部においてテーパ状コアの存在により導波光のモードフィールド径を拡大して回折効果を低減することになり、半導体レーザと導波路との高い結合効率を実現するものである。

#### 【0009】

【実施例】以下、図1～図5を参照して実施例にもとずいて詳細に説明する。

(実施例1) 図1は第一の発明の実施例を示した平面図(a)および断面図(b)で、半導体レーザ1のコア3と導波路部2のコア4の両者が、溝5の方向に向かうに従い平面からみたコア幅を細めて(以後、テーパコア6と称する。)おり、溝5近傍ではそのコア幅はもとの五分の一程度に縮小した構造を有している。

【0010】このため、半導体レーザ1からの導波光はこのテーパコア6のため伝搬損失を生じることなく、溝5端面でモードフィールド径が著しく拡大される。モードフィールド径が拡大されていることにより溝5に射出した導波光は溝5伝搬中の回折効果が小さく、溝5の導波路側端面におけるモードフィールド径は溝5への射出前のモードフィールド径とほとんど変化しない。一方、導波路側のコア幅も半導体レーザ1側と同様溝5から離れるに従い徐々に広がっていることから、溝5端面で拡大されていたモードフィールド径は再び導波路コア4の大きさで決まる大きさに戻る。従って、溝5近傍では拡大されたビーム同士の結合となるため、従来のコア幅が同一寸法に比べて、結合効率が著しく向上することになる。なお、回折効果を小さくする場合には、

半導体レーザ1のコア3をテーパ状にすればよいが、結合効率は導波路2側との間でモード形状を整合させかつ開口角をゆるく採れることで著しく向上し、よって導波路2側でも溝5側にてテーパコア6を設けている。

【0011】なお、本実施例ではレーザの共振器の構成を、一方の端面を溝5のレーザ側端面に、他方の端面を通常のへき開端面としているが、レーザの両側に溝5を構成しても良い。実際に、活性層の厚さが $0.25\mu\text{m}$ でコア幅が $1.5\mu\text{m}$ のInP系レーザにおいては、溝3でのコア幅を $0.25\mu\text{m}$ となるテーパコアを作製した結果、溝間隔が $5\mu\text{m}$ までは結合損失の増加は観測できなかった。

【0012】(実施例2) 図2は第二の発明の実施例を示した平面図(a)および断面図(b)で、本実施例では製作上の簡易さから半導体レーザ1、テーパ接続部、導波路2全体にわたって二重導波路構造を採用した例を示してある。すなわち、第1の内部コア3及びコア4とこの内部コア3、4を囲む第2の外部コア7からなり、第1の内部コア3、4はそれぞれ溝5近傍でテーパコア6となり、溝5端部では第一のコア3、4が消失している。

【0013】この構造では、外部コア7とクラッド8との屈折率差がきわめて小さいので、導波光は半導体レーザ1と導波路2では外部コア7をクラッド8と感じて内部コア3および4に閉じ込められるが、接続部では内部コアが消失するために外部コア7に閉じ込められる。すなわち、テーパ6の先端でコアが消失している場合でも導波構造は保たれ、単一モード条件が溝5の両側で維持される。

【0014】外部コア5の幅および厚さは $10\sim 20\mu\text{m}$ とすることができ、導波光のモードフィールド径を半導体レーザ1のモードフィールド径より1桁以上大きくすることができ、溝5での回折を小さくして結合効率を高めることができる。

【0015】(実施例3) 図3に第三の発明の実施例を示した平面図(a)および断面図(b)である。本実施例では溝5の導波路2側端面をレーザ1のコア3の軸に対してやや傾斜させるとともに、導波路コア4の軸がレーザコア3の軸に対して傾斜させて形成したものである。本実施例でも溝5近傍ではコア3、4の幅はテーパコア6のように縮小している。本実施例では溝5の導波路側端面をわずかに傾けることにより、溝5の導波路2側端面で反射した光が半導体レーザコア3に再結合する割合を低減することができる。

【0016】なお、図3に示すように、導波路コア4の光軸は溝5の導波路側端面の傾斜角 $\theta$ による導波光の屈折角に合わせて設定しておく、レーザコア3から導波路コア4への結合における傾斜角 $\theta$ による過剰損失を無視でき、導波路部コアへの結合効率を高めることができる。もっとも、半導体レーザ1と導波路2との配置上の

理由から、導波路2の光軸を傾斜させることなく、導波路端面に傾斜を設けるだけでも反射光によるコア3への再結合を低減できる。なお、本実施例では平面からみて図3(a)の如く傾斜角 $\theta$ を与えたが、側面からみて図3(b)上において傾斜角を与えてもよい。更に、本実施例は図2に示す二重コア構造に対しても応用可能である。本実施例の最大の特徴は、第一の実施例においては溝5に出射した光が導波路部との境界でも反射されるため、半導体レーザ部は溝5の両側端面を反射面とする複合共振器構造となり、半導体レーザ発振しきい値電流の変動などを招くが、本実施例によりこの特性の劣化を防止することにある。

【0017】(実施例4) 図4に第四の発明の実施例を示した平面図(a)および断面図(b)を示す。半導体レーザ1と導波路2の結合部にむけて両者のコア幅3および4をテーパコア6Hおよび6Fに示すように細めていき、所定の最小のコア幅でコア同士を接続してある。さらに、結合部においては、半導体レーザ1側で光軸に対して垂直な端面で、導波路2側で図のように細いテーパコア6Fの横方向に切り込み(凹)型の溝5が近接するよう

に形成してある。この溝5の作製は、反応性ガスをを用いたイオンエッチングや化学溶液によるエッチングで形成できる。

【0018】このような構造においては、半導体レーザ1からの導波光は伝搬損失が増大することなくそのモードフィールド径が拡大されてテーパコア6H領域を伝搬する。この時モードフィールド径が拡大されているのでテーパコア6H領域から浸みだした光強度分布については、切り込み溝5の端面は、反射面として働く。一方、導波路2のコア4の軸に対して垂直とならない溝5の導波路側境界面は、レンズ効果により溝5の空間に放出された光波を導波路2のコア4への結合させる。

【0019】なお、図4では、拡大されたモードフィールド径のうち溝5をすり抜けて光導波路部2へ達する光の分布に整合させて結合効率を高めるために、導波路4のテーパコア6Fのコア幅と半導体レーザ1のテーパコア6Hのコア幅とは異なる例を示してある。

【0020】本実施例では溝5はコア層ではなく、クラッド層に形成した。一般に、コア層は多重量子井戸層等を用いる場合が多く、クラッド層はInPあるいはInGaAsP等の均一組成の材料で構成される場合が多い。従って、本実施例の構造は加工しやすいクラッド層のみを加工すればよいという利点がある。また、溝5がテーパコア6Fに浸入し、半導体レーザ1と導波路2が空隙により分離されても本発明の基本的な動作は行われる。

【0021】(実施例5) 図5に第五の発明の実施例の平面図(a)および断面図(b)を示す。本実施例では半導体レーザ1と導波路2の両コアはテーパコア6により互いにそのコア幅を細めていき、結合部で所定の最小

幅コア9で接続されている。さらに、結合部においては、半導体レーザ側で光軸に対して垂直な端面をなし、かつ導波路側で半導体基板に図のような切り込み型のV字型の溝5が厚さ方向に形成されている。このような構造においては、実施例4と同様に、半導体レーザの反射面を形成するとともに、半導体レーザと導波路との結合を高めることができる。

【0022】以上述べた実施例においては、溝の半導体レーザ側の端面に金属または誘電体多層膜からなる高反射膜を設けることにより、レーザ共振器の反射率を高めることができ、半導体レーザのしきい値電流を減少させることができる。

【0023】また、テーパ構造は半導体レーザ側と導波路側で非対称でも良い。さらに、実施例においては導波路幅のみにテーパ形状を有する構成例を示したが、モードフィールド径を拡大すれば導波路幅および厚さの両者にテーパ形状を持たせても良い。また、半導体レーザおよび導波路のテーパ状導波路幅の変化を直線的に変化させて示してあるが、放物線や指数関数等の関数形でもよい。

#### 【0024】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、半導体基板上への半導体光機能素子の集積化においては、半導体光機能素子相互の結合を高い光結合効率により実現することができる。とくに、実用の半導体作製技術により光機能素子の集積化が実現できるので、安価で信頼性の高い光部品を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第一の実施例を示す平面図および断面図である。

【図2】第三の実施例を示す平面図および断面図である。

【図3】第三の実施例を示す平面図および断面図である。

【図4】第四の実施例を示す平面図および断面図である。

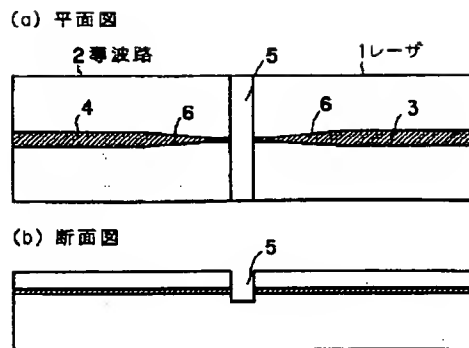
【図5】第五の実施例を示す平面図および断面図である。

【図6】従来の構成よりなる半導体レーザと導波路との結合を示した平面図および断面図である。

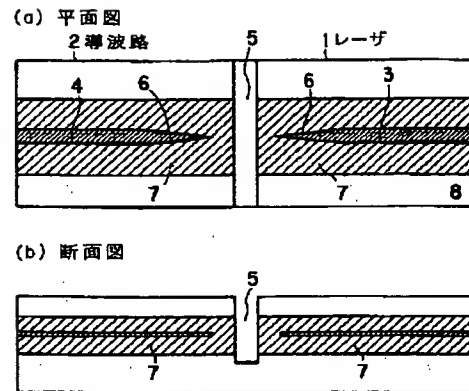
#### 【符号の説明】

- 1 半導体レーザ
- 2 導波路
- 3 レーザのコア
- 4 導波路のコア
- 5 溝
- 6, 6H, 6F テーパコア
- 7 外部コア
- 8 クラッド
- 9 最小幅コア

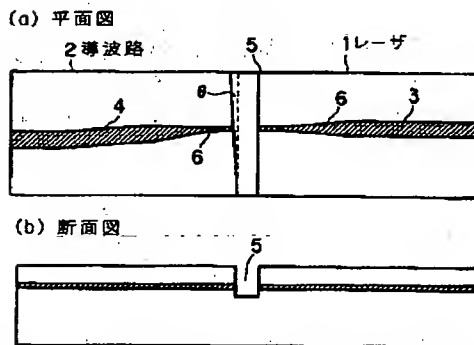
【図1】



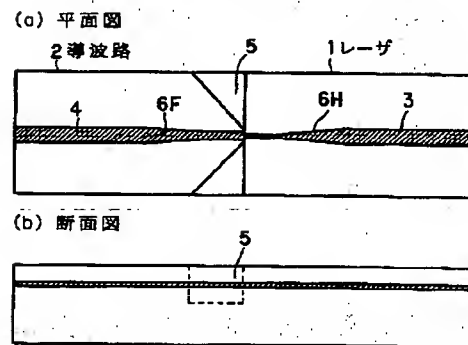
【図2】



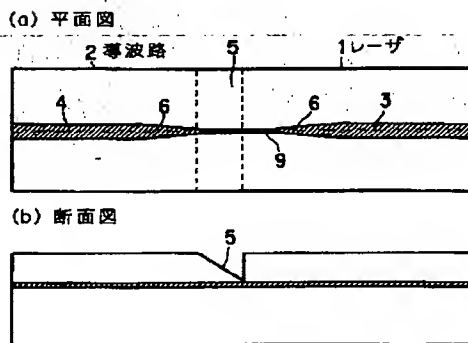
【図3】



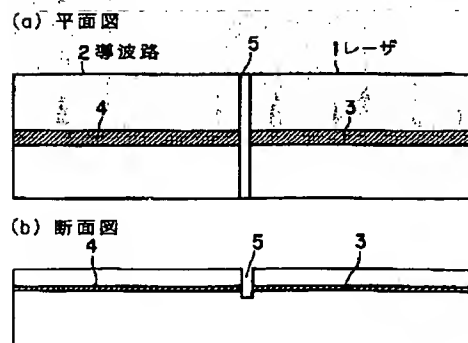
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 安弘  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 三富 修  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 永沼 充

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内